植 物 分 类 与 资 源 学 报　2012，**34**（2）：179～186
Plant Diversity and Resources　DOI：10.3724/SP.J.1143.2012.11136

福建梅花山常绿阔叶林植物物种多样性及其海拔梯度格局*

孔祥海[1,2]，李振基[2]
（1 龙岩学院生命科学学院，福建 龙岩　364000；2 厦门大学生命科学学院，福建 厦门　361005）

摘要：常绿阔叶林是福建梅花山国家级自然保护区地带性植被。采用样带与典型群落调查法对区内的常绿阔叶林 14 400 m^2样地展开调查，并对植物多样性海拔梯度格局进行分析，结果表明：（1）群落植物物种丰富度、Gleason 丰富度指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数的均值分别为 64.42、10.75、5.75、3.50、0.58，且这 5 种指数在各样带间差异极为显著，并随海拔的升高均呈单峰曲线变化，峰值出现在海拔 700 m～900 m。（2）群落各层次的植物物种丰富度、Shannon-Wiener 指数均呈现灌木层（包括幼树和层间植物）>乔木层>草本层的特征。乔木、灌木层物种丰富度与乔木层 Shannon-Wiener 指数在海拔梯度上的样带间差异极显著，变化趋势与群落相似；灌木层与草本层 Shannon-Wiener 指数以及草本层物种丰富度随海拔梯度变化不明显。因此，梅花山自然保护区常绿阔叶林植物物种多样性的海拔梯度格局呈现单峰分布，并支持中间高度膨胀模式（mid-domain model）。

关键词：常绿阔叶林；物种多样性；海拔梯度格局；梅花山自然保护区；福建
中图分类号：Q 948　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2095-0845(2012)02-179-08

Species Diversity and Altitudinal Gradient Patterns of Evergreen Broad-leaved Forest in Meihuashan National Natural Reserve, Fujian Province

KONG Xiang-Hai[1,2], LI Zhen-Ji[2]
(1 *College of Life Sciences*, *Longyan University*, Longyan 364000, China; 2 *College of Life Sciences*, *Xiamen University*, Xiamen 361005, China)

Abstract: In China, evergreen broad-leaved forests (EBLFs) is one of the most important vegetation types which was widly distributed in subtropical area, and it plays a very important role in the global biological diversity and natural environment conservation also. In order to reveal species diversity and altitudinal gradient patterns of evergreen broad-leaved forest in Meihuashan National Natural Reserve, Fujian Province. Five altitude transects were set up at a vertical interval of 200 m between 375 m and 1 300 m above sea level in the EBLFs distribution areas, and twenty-four quadrats (14 400 m^2) had been surveyed. Species richness (S), species richness index (d_{Gl}), Simpson index (D), Shannon-Wiener index (H'), Pielou evenness index (J) had been used for analysis of species diversity and altitudinal gradient pattern of EBLFs. The average value of S, d_{Gl}, H', J and D were 64.42, 10.75, 5.75, 3.50, 0.58 respectively. The difference of community species diversity index (S, d_{Gl}, D, H', and J) was extremely significant between transects, and the altitudinal gradient patterns of species diversity presented the unimodal variable trend, with a peak in the mid-altitude (700 m-900 m). The species richness and Shannon-Wiener index of different layer were ranked as shrub layer (include young tree and the plants between layers) >arbor layer>herb layer. The species richness of tree and shrub layer, and Shannon-Wiener index of tree layer were significantly different between at transects, and trends of altitude gradient was similar to community. The Shannon-Wiener index of shrub

* 基金项目：国家自然科学基金项目“自然保护区生物多样性容量、通量和质量研究”（30370275），福建省自然科学基金项目“武夷山脉主要裸子植物天然林群落现状与保护研究”（2007J0354）
收稿日期：2011-09-23，2012-02-03 接受发表
作者简介：孔祥海（1965- ）男，硕士，副教授，主要从事植物学和生态学的教学与研究工作。E-mail：kongxianghai@sian.com

layer and herb layer, and the species richness of herb layer did not change significantly along elevation gradient. Therefore, plant species diversity distribution pattern presented a unimodal variable trend along an elevation gradient, and supported "mid-domain model" in EBLFs of Meihuashan National Nature Reserve.

Key words: Evergreen broad-leaved forest; Species diversity; Altitudinal gradient patterns; Meihuashan National Natural Reserve; Fujian

中国是个多山的国家，山地类型齐全，有丘陵、低山、中山、高山，山地面积约占国土面积的2/3（方精云等，2004）。由于山地复杂多样的生态环境条件，成为多种生物物种生存、繁衍和保存的种质库，因此山地生物多样性的研究历来为生态学家所关注（Whittaker，1975；Hamilton 和 Perrolt，1981；Odland 和 Birks，1999；Dolezal 和 Srutek，2002）。海拔梯度的变化导致水热条件梯度变化及其组合在空间上分布的变化，并引发温度、降水、风速、光照、土壤等众多因子的改变，进而影响着植物群落的分布与结构及物种多样性（Austin 等，1996；Ausirheim，2002；Grytnes 等，2006；李军玲和张金屯，2006）。由于环境因子沿海拔梯度的变化要比沿纬度梯度快1 000倍，因此研究生物多样性的海拔梯度格局对于揭示生物多样性随环境梯度变化的规律具有重要意义（Walter，1979；Gaston，2000；唐志尧和方精云，2004；Fosaa，2004）。国内外的相关研究表明，物种多样性与海拔梯度关系有5种不同模式，而且这些格局的形成机制还不是很清楚（贺金生和陈伟烈，1997；岳明等，2002；Hawkins 等，2003；赵淑清等，2004；Jacquemyn 等，2005；刘士华等，2008）。Lomolino（2001）和 Rahbek（2005）认为物种多样性沿小尺度与沿整个海拔梯度分布格局间存在不确定性，同时指出在以往物种多样性沿海拔梯度格局研究中，取样没有取到最低的海拔梯度，不同海拔地形对于面积的影响等因素，均可能造成物种多样性沿海拔梯度单调递减的假象。因此对不同区域、不同山体以及不同分类群物种多样性分布格局的个案研究，对阐明物种多样性与海拔的关系是十分重要的。

常绿阔叶林是我国亚热带山地的地带性森林植被类型，不仅发育充分、种类组成繁多，而且群落结构复杂、类型多样，是一个巨大的天然基因库，成为全球亚热带生物多样性的中心，具有重要的经济效益、社会效益和生态效益（陈灵芝，1993；吴征镒，1995）。近年来，国内有关植物物种多样性沿海拔梯度格局的研究结果显示，温带地区呈线性下降趋势（郝占庆等，2002；赵淑清等，2004）；暖温带地区的落叶阔叶林呈现先升后降的格局（岳明和周虹霞，1997）；北亚热带与暖温带的过渡地带呈显著负相关关系（岳明等，2002）；在常绿阔叶林分布的亚热带地区中，北亚热带呈两端高中间低的格局（唐志尧和方精云，2004）、中亚热带植物多样性的垂直格局为“单峰”模式（沈泽昊等，2004；Zhao 等，2005；Liu 等，2007）、南亚热带呈现随海拔升高而下降的倾向（彭闪江等，2003）；热带地区呈单调递减格局（王伯荪等，2001；余世孝等，2001；黄康有等，2007）。然而对于亚热带区域中不同亚域间过渡带（如中亚热带与南亚热带之间的过渡带）的研究尚未见报道。

福建梅花山国家级自然保护区（简称梅花山自然保护区）地处中亚热带与南亚热带的过渡区域，隶属全球具有重要意义的生物多样性和生态过程的陆地生态系统生态区，也是中国陆地优先保护生态系统重点区域（Olson 和 Dinerstein，1998；徐卫华等，2006）。常绿阔叶林是梅花山自然保护区地带性植被，在有关梅花山自然保护区常绿阔叶林的研究中，丘昭喜和林鹏（1989）、孔祥海和李振基（2011）报道了群落的植物区系、外貌和结构的特点。本文采用样带与典型群落样方相结合的方法调查梅花山常绿阔叶林，通过数据的统计分析，揭示梅花山常绿阔叶林植物多样性及其海拔梯度格局，以期为我国亚热带常绿阔叶林生物多样性的保护提供参考依据，也为自然保护区建设、环境保护决策和生物资源可持续利用奠定基础。

1 研究地点概况

梅花山国家级自然保护区位于116°45′25″~

116°57′33″ E，25°15′14″～25°35′44″ N，总面积 22 168.5 hm^2。梅花山属武夷山脉南段与博平岭（戴云山脉）之间的玳瑁山的主体部分，最高处石门山海拔 1 811 m，最低处浮竹溪海拔 375 m，相对高差达 1 436 m，为福建三大水系闽江、汀江、九龙江的发源地。山脉多为东北-西南走向，燕山运动奠定了地貌的基本骨架，经新构造运动和喜马拉雅山运动的影响，形成了以山地为主的地貌。本地区成土母岩是中生代燕山早期花岗岩，土壤从山麓至山顶依次为：红壤、山地黄红壤、山地黄壤以及山地草甸土，具有较明显的垂直地带性分布规律（郭成达，1992）。据当地气象资料，保护区年均温为 13～18 ℃，≥10 ℃的年活动积温 4 500～5 100 ℃，年降水量 1 700～2 200 mm，相对湿度 70%～96%，霜期 15～25 d。保护区的森林覆盖率达 89.0%，保存着大面积的天然植被和原生性的常绿阔叶林，据调查有 6 个群系组、13 个群系。这为研究植物物种多样性及其海拔梯度格局提供了良好的条件。

2　研究方法

2.1　群落调查方法

2.1.1　*样地与样方设置*　在海拔 375～1 300 m 的常绿阔叶林垂直分布范围内，沿海拔梯度每隔 200 m 设置一个面积为 2 000～3 000 m^2的样带，计 5 个样带 144 个标准样方，各样带的生境条件见表 1，总计样方面积 14 400 m^2（24×600）。调查时间为 2010 年 3 月至 2010 年 9 月。

2.1.2　*群落调查*　群落样方调查参照方精云等（2009）的方法，即每 1 群落样方设置为 20 m×30 m 的长方形，然后将其分成 6 个 10 m×10 m 的标准样方（图 1），再分为乔木层、灌木层、草本层和层间植物进行详细调查。

（1）乔木层：记录每个样方内出现的全部乔木种，测量所有 DBH≥2.5 cm 的植株胸径、高度和盖度及其存活状态。

（2）灌木层：选择位于样方对角的 2 个标准样方进行调查（图 1），逐株记录样方内出现的全部灌木种，并测量基径和高度。

（3）草本层：在样方四角和中心点上设置 5 个 1 m×1 m 的小样方（图 1），记录样方内出现的全部草本种类。测量每种草本植物的多度、盖度和平均高度。

（4）层间植物：记录所有样方内出现的全部寄生、附生植物和攀援植物种类，并估计其多度和盖度。

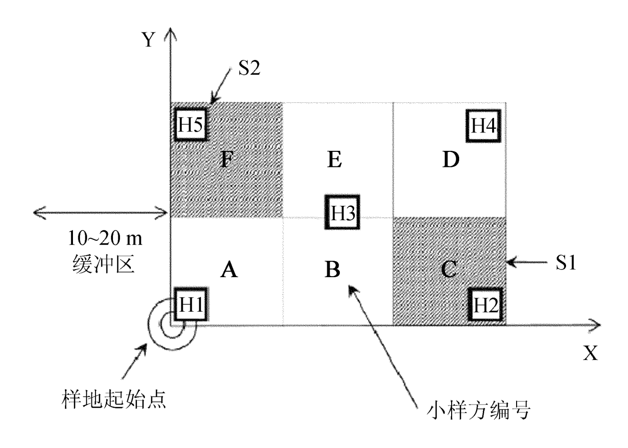


图 1　群落样方设置和编号方法（仿方精云，2009）
样方面积 20 m×30 m，由 6 个 10 m×10 m 的标准样方组成（编号为 A-F），S1 和 S2（阴影部分）为灌木层调查样方，H1-H5 为草本调查小样方。样方四边的须预留缓冲区（10～20 m）

Fig. 1　Plot setting and quadrate coding for forest communities (followed Fang, 2009)
The 20 m×30 m plot is composed of six quadrates (A-F), each with an area of 10 m×10 m. The shadowed quadrates (S1 and S2) were selected for shrub layer investigation, and subplots (H1-5) were selected for herbaceous layer investigation. A buffering zone of 10-20 m at each side of the plot is necessary

表 1　样地生境条件

Table 1　Habitat condition of different plots

样带号 Transect No.	样地号 Plot No.	样地植被类型 Vegetation type	海拔 Elevation/m	坡向与坡度 Aspect and Slope/°	土壤类型 Soil type
1	$Q_{1～5}$	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	400	东南 Southeast，25～30	红壤 Red soil
2	$Q_{6～10}$	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	600	东北 Northeast，25～30	红壤 Red soil
3	$Q_{11～15}$	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	800	东南 Southeast，25～35	红壤 Red soil
4	$Q_{16～20}$	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	1 000	西南 Southwest，25～30	黄红壤 Mountain yellow-red soil
5	$Q_{21～24}$	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	1 200	西北 Northwest，25～30	黄红壤 Mountain yellow-red soil

2.2 数据统计分析方法

2.2.1 *群落物种多样性测度* 关于生物多样性指数的意义与特点已有较全面的评述（马克平，1994）。本文选用以下指标：

1）物种丰富度（Species richness）：采用样方的物种数（S）作为衡量指标。

2）Gleason 丰富度指数（d_{Gl}）（马克平，1994；李振基等，2000）：

$$d_{Gl}=(S)/\ln A \quad (1)$$

式中 S 为研究系统（或样方）中记录的物种总数，A 为样方面积，在本文中单位为 m^2。

3）Shannon-Wiener 指数（H'）（李振基等，2000）：

$$H'=-\sum_{i=1}^{s}P_i\log_2 P_i \quad (2)$$

式中 $P_i=n_i/N$，代表第 i 个物种的相对多度，N 为所有物种的个体数之和，n_i为第 i 个物种的个体数。

4）Pielou 均匀度指数（J）（马克平，1994；李振基等，2000）：

$$J=H'/\log_2 S \quad (3)$$

式中 H'同（2）式，S 同（1）式。

5）Simpson 指数 D（黄建辉和陈灵芝，1994；李振基等，2000）：

$$D=N(N-1)/\sum_{i=1}^{s}n_i(n_i-1) \quad (4)$$

式中 N，n_i同（2）式。

2.2.2 *群落物种多样随海拔梯度格局分析* 为了揭示梅花山常绿阔叶林群落植物物种多样性海拔格局，按照5个样带梯度，每个梯度计算其各指标的均值和SD，并进行各样带梯度间的方差分析。

3 结果与分析

3.1 群落植物物种多样性概况

采用公式(1)-(4)，对在梅花山自然保护区调查的24个具有代表性的常绿阔叶林群落进行群落物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数的统计和计算结果见表2。

3.2 群落植物物种多样性海拔格局分析

梅花山自然保护区常绿阔叶林各样带物种多样性指数的统计和方差分析结果见表3。

3.2.1 *Gleason 丰富度指数的海拔格局* 从表3可看出 Gleason 丰富度指数样带间差异极显著（$P<0.01$），各样带间表现为样带3、4、2和样带1，样带3、4和样带5，样带3和样带2的差异极显著；样带3和样带4，样带2和样带5的差异显著（$P<0.05$）。

3.2.2 *Simpson 指数的海拔格局* 表3的结果表明 Simpson 指数样带间差异极显著（$P<0.01$）。具体表现为样带3、4、2、5和样带1差异极显著，样带3、4和样带5差异极显著，样带3和样带2差异极显著，样带3和样带4差异极显著；样带4和样带2差异显著（$P<0.05$）。

3.2.3 *Shannon-Wiener 指数的海拔格局* 表3的结果显示 Shannon-Wiener 指数样带间差异极显

表2 梅花山自然保护区常绿阔叶林植物物种多样性

Table 2 Plant species diversity of the EBLF in Meihuashan Nature Reserve

物种多样性指数 Index of species diversity	平均值 Mean value	最大值 Maximum value	最小值 Minimum value	标准差 Standard deviation
物种丰富度 Species richness	64.42	78	51	8.38
Gleason 丰富度指数 Gleason richness index	10.75	13.02	8.51	1.34
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	3.50	3.85	3.06	0.20
Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index	0.58	0.62	0.52	0.02
Simpson 指数 Simpson index	5.75	6.30	5.13	0.33

表3 不同样带物种多样性指数的平均值与标准差及其多重方差分析

Table 3 The average, standard deviation of diversity index and their multiple analysis of variance in different transect

样带号 Transect No.	海拔 Elevation/m	Gleason 丰富度指数 d_{Gl}	Simpson 指数 D	Shannon-Wiener 指数 H'	Pielou 均匀度指数 J
样带1 Transect 1	400	9.35±0.43 Dc	5.25±0.10Dd	3.23±0.20Cd	0.56±0.04BCb
样带2 Transect 2	600	10.85±0.26BCb	5.74±0.05BCc	3.42±0.05Bc	0.57±0.01Bb
样带3 Transect 3	800	12.65±0.32Aa	6.26± 0.04Aa	3.78±0.10Aa	0.61±0.02Aa
样带4 Transect 4	1 000	11.39±0.25ABb	5.88±0.03Bb	3.62±0.08Bb	0.59±0.01ABa
样带5 Transect 5	1 200	9.65±1.38Cc	5.67±0.14Cc	3.48±0.04Bbc	0.60±0.01Aa

注：纵向比较，同一列不同字母表示差异显著：大写字母为1%差异显著水平（$P<0.01$），小写字母为5%差异显著水平（$P<0.05$），下同

Note: Vertical comparison, different uppercase letters in the same column mean significantly difference at level 0.01, while different lowercase letters indicate significantly difference at level 0.05, the same below

著（$P<0.01$），各样带间的具体情况是样带 3、4、5 和样带 1 差异极显著，样带 3 和样带 2 差异极显著，样带 3 和样带 5 差异极显著，样带 3 和样带 4 差异显著；样带 2 和样带 1 差异显著，样带 4 和样带 2 差异显著（$P<0.05$）。

3.2.4　*Pielou 均匀度指数的海拔格局*　从表 3 的结果可看出 Pielou 均匀度指数样带间差异极显著（$P<0.01$），详细情况是样带 3、5 和样带 1 差异极显著；样带 3、5 和样带 2 差异显著，样带 4 和样带 1 差异显著（$P<0.05$）。

从表中的群落物种丰富度、Gleason 丰富度指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数的数值可看出，随着海拔从 400 ~ 1 200 m 的变化各项多样性指数呈现先升高后降低的单峰变化的趋势，其峰值出现在海拔 700 ~ 900 m 区域。

3.3　群落不同层次植物多样性的海拔格局

植物群落垂直层次结构不仅受群落所处的海拔、坡向、坡位等物理微环境的影响，而且也受群落的种群组成、发育阶段、生活史对策的影响。因此，本文选择乔木、灌木（包括幼树和层间植物）和草本 3 种生活型的物种丰富度（S）和 Shannon-Wiener 指数（H'）变化特点来反映群落垂直层次结构的海拔格局（表 4，5）。

3.3.1　*群落不同层次物种丰富度的海拔格局*

从表 4 可看出，群落的物种丰富度在各样带间差异极显著（$P<0.01$），其中样带 3、4、2 和样带 1 差异极显著，样带 3、4 和样带 5 差异极显著，样带 3 和样带 2 差异极显著；样带 3 和样带 4 差异显著，样带 2 和样带 5 差异显著（$P<0.05$）。群落中的不同生活型的物种丰富度的海拔格局表现出一定的差异性。具体来说，各样带间乔木层的物种丰富度差异极显著，具体情况是样带 3、4、2 和样带 1 差异极显著，样带 5 和样带 1 差异显著；各样带间灌木层的物种丰富度差异极显著（$P<0.01$），具体表现为样带 3、4、2、5 和样带 1 差异极显著，样带 3 和样带 5 差异极显著，样带 3 和样带 2 差异极显著，样带 4 和样带 5 差异显著（$P<0.05$）；而各样带间草本层的物种丰富度差异不显著。表 4 中的结果还显示，

表 4　不同样带、生活型的物种丰富度平均值与标准差及其多重方差分析

Table 4　The average, standard deviation of species richness and their multiple analysis of variance in different life form and transect

样带号 Transect No.	海拔 Elevation/m	群落物种丰富度 Species richness of community	乔木层物种丰富度 Species richness of tree layer	灌木层物种丰富度 Species richness of shurb layer	草本层物种丰富度 Species richness of herb layer
样带 1 Transect 1	400	56.00 ± 2.55Dc	14.20 ± 0.84bB	39.40 ± 3.05Cd	7.60 ± 1.14
样带 2 Transect 2	600	65.00 ± 1.58BCb	15.80 ± 0.84Aa	49.60 ± 2.41Bbc	7.40 ± 2.07
样带 3 Transect 3	800	75.80 ± 1.92Aa	16.60 ± 0.55Aa	57.20 ± 2.59Aa	7.80 ± 1.64
样带 4 Transect 4	1 000	68.25 ± 1.50Bb	16.50 ± 1.29Aa	54.00 ± 3.37ABab	6.75 ± 0.96
样带 5 Transect 5	1 200	57.80 ± 8.29Cc	15.60 ± 0.89ABa	47.20 ± 5.89Bc	7.20 ± 2.17

注：纵向比较，同列不同字母表示差异显著

Note: Vertical comparison, different letters in the same column indicate significantly difference

表 5　不同样带物种生活型的 Shannon-Wiener 指数平均值与标准差及其多重方差分析

Table 5　The average, standard deviation of Shannon-Wiener index and their multiple analysis of variance in different life form and transect

样带号 Transect No.	海拔 Elevation/m	乔木层 Shannon-Wiener 指数 H' of arbor layer	灌木层 Shannon-Wiener 指数 H of shrub layer	草本层 Shannon-Wiener 指数 H of herb layer
样带 1 Transect 1	400	2.95 ± 0.20 Bd	4.31 ± 0.14	1.91 ± 0.10
样带 2 Transect 2	600	3.11 ± 0.03 Bbc	4.41 ± 0.16	1.89 ± 0.18
样带 3 Transect 3	800	3.42 ± 0.05 Aa	4.33 ± 0.31	1.92 ± 0.15
样带 4 Transect 4	1 000	3.30 ± 0.08 Ab	4.41 ± 0.21	1.83 ± 0.09
样带 5 Transect 5	1 200	3.16 ± 0.03 Bd	4.40 ± 0.16	1.89 ± 0.19

注：纵向比较，同列不同字母表示差异显著

Note: Vertical comparison, different letters in the same column indicate significantly difference

一方面群落各层次植物的物种丰富度均表现为灌木层（包括幼树和层间植物）>乔木层>草本层；另一方面群落及其乔木层和灌木层物种丰富度的海拔梯度变化趋势也呈现单峰变化格局。

3.3.2 *群落不同层次植物 Shannon-Wiener 指数的海拔格局* 表5的结果显示，不同样带、不同生活型的 Shannon-Wiener 指数的海拔梯度格局有较大差异。乔木层的 Shannon-Wiener 指数不仅在各样带间差异极显著（$P<0.01$），具体表现为样带3、4、5和样带1差异极显著，样带3、4和样带2差异极显著，样带3和样带5差异极显著，样带2和样带1差异显著（$P<0.05$）；而且随海拔梯度变化呈现先升后降的单峰变化格局；而各样带间灌木（包括幼树和层间植物）和草本2种生活型的 Shannon-Wiener 指数的差异不显著。表5的结果还表明群落各层次植物的 Shannon-Wiener 指数呈现出灌木层（包括幼树和层间植物）>乔木层>草本层的特征。

4 讨论与结论

近年来，物种多样性沿海拔梯度格局的研究已经成为山地生态学研究的热点（González 和 Mata，2005）。梅花山常绿阔叶林群落植物的 Gleason 丰富度指数、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数都随海拔梯度变化不仅表现为各样带间的差异极为显著，而且呈单峰曲线变化趋势，即物种多样性随海拔的升高先增加后降低。这一结果与沈泽昊（2004）、Zhao（2005）和 Liu 等（2007）的研究结果相似，但单峰曲线的峰值出现的海拔高度明显降低。其原因可能在于：一方面梅花山自然保护区地处中亚热带与南亚热带的过渡区域，纬度较低。另一方面低海拔为保护区内的主要居民居住场所，人为干扰相对严重，一些物种丧失生存机会；而高海拔地区的水热降低、风速较大，形成较为严酷生境条件。Liu 等（2007）认为在亚热带地区，植物物种丰富度受到能量和水分的综合调控，其中高海拔地区降雨较多，温度较低，能量成了植物分布的限制因子；低海拔地区降雨较少，温度较高，水分构成了植物分布的限制因子。因此，在温、湿状况理想的中海拔范围内容纳了最多的物种数。本次调查中，位于海拔 700～900 m 的群落地处东南坡，气候湿润，生境条件较好，而且其坡度相对较大，人为干扰较少，伴生树种（乔木）较多和部分落叶树种渗入，灌木伴生种和草本层物种都相当丰富，从而导致多样性指数高峰值的出现。

群落不同层次植物物种多样性的研究，可揭示乔灌草不同生活型植物群落物种多样性对垂直海拔梯度的响应（王国宏，2002）。本文的结果表明，梅花山自然保护区常绿阔叶林群落植物多样性的垂直分布规律在植物群落不同层次的表达存在差异。其中群落及其乔木、灌木层的物种丰富度在海拔梯度上的变化，不仅样带间差异极其显著，而且呈明显的单峰曲线变化趋势；草本层物种丰富度随海拔梯度没有明显的变化趋势。群落各层次植物的 Shannon-Wiener 指数、物种丰富度均呈现灌木层（包括幼树和层间植物）>乔木层>草本层的特征。这与浙江省天台山甜储群落的不同海拔样地、不同层次的物种丰富度、物种多样性指数的特征相似（金则新，1999）。由于不同生活型植物（乔木、灌木、草本）对环境（温、湿）状况的响应不同，随着环境要素沿海拔梯度的变化和配置不同，不同生活型植物的物种多样性垂直分布格局有所差异（Bhattarai 等，2003；Grytnes 等，2006）。在梅花山自然保护区海拔 700～900 m 的区域，尽管水分和热量的绝对量不是最高，但水热组合最佳，资源的可利用性可能是最高的，并且人为影响小，基本保持原生状态。因此，该区域乔、灌层的物种较多，群落结构配置较为均匀、合理，这样便形成了最高的丰富度和多样性。与乔木层和灌木层不同，草本层植物的物种多样性不仅与海拔梯度所决定的水热梯度（温、湿度）变化有关，同时受乔、灌层的盖度、物种组成以及林下的小环境的影响，其它因子（如地形因子等）的修饰作用使特定海拔处生境的海拔梯度效应得到削弱或加强，由此造成草本层植物物种多样性垂直分布的变化不显著。

综上所述，主要结论如下：

（1）对梅花山自然保护区常绿阔叶林调查统计表明，群落植物的物种丰富度指数、Gleason 丰富度指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数的均值分别为 64.42、

10.75、5.75、3.50、0.58。

（2）梅花山自然保护区常绿阔叶林植物物种多样性海拔梯度格局表现为：群落植物物种丰富度、Gleason 丰富度指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数均不仅在各样带间差异极为显著，而且随海拔的升高先增加后降低，即呈显著的单峰曲线变化格局，峰值出现在海拔 700 ~ 900 m。

（3）群落各层次的植物物种丰富度、Shannon-Wiener 指数均呈现灌木层（包括幼树和层间植物）>乔木层>草本层的特征。乔木、灌木层物种丰富度与乔木层 Shannon-Wiener 指数在海拔梯度上的样带间差异极显著，变化趋势与群落相似；灌木层与草本层 Shannon-Wiener 指数以及草本层物种丰富度随海拔梯度变化不明显。

因此，梅花山自然保护区常绿阔叶林植物多样性的海拔梯度格局呈现单峰曲线变化趋势，并支持中间高度膨胀模式（mid-domain model）。

〔参 考 文 献〕

马克平, 1994. 群多样性测度［A］. 见：钱迎倩, 马克平编. 生物多样性研究的原理与方法［M］. 北京：中国科学技术出版社

陈灵芝, 1993. 中国的生物多样性现状及其保护对策［M］. 北京：科学出版社

吴征镒, 1995. 中国植被［M］. 北京：科学出版社

Austin MP, Pausas JG, Nicholls AO, 1996. Patterns of tree species richness in relation to environment in southeastern New South Wales, Australia［J］. *Australian Journal of Ecology*, **21**: 154—164

Ausirheim G, 2002. Plant diversity patterns in semi-natural grasslands along an elevatipnal gradient in southern Norway［J］. *Plant Ecology*, **161**: 193—205

Bhattarai KR, Vetaas OR, 2003. Variation in plant species richness of different life forms along subtropical elevation gradient in the Himalayas, east Nepal［J］. *Global Ecology and Biogeography*, **12**: 327—340

Dolezal J, Srutek M, 2002. Attitudinal changes in composition and structure of mountain-temperate vegetation: a case study from the Western Carpathians［J］. *Plant Ecology*, **158**: 201—221

Fang JY（方精云）, Shen ZH（沈泽昊）, Cui HT（崔海亭）, 2004. Ecological characteristics of mountains and research issues of mountain ecology［J］. *Biodiversity Science*（生物多样性）, **12**: 10—19

Fang JY（方精云）, Wang XP（王襄平）, Shen ZH（沈泽昊）*et al.*, 2009. Methods and protocols for plant community inventory［J］. *Biodiversity Science*（生物多样性）, **17**（6）: 533—548

Fosaa AM, 2004. Biodiversity patterns of vascular plant species in mountain vegetation in the Faroe Islands［J］. *Diversity Distribution*, **10**: 217—223

Gaston JK, 2000. Global pattems in biodiversity［J］. *Nature*, **405**: 220—226

González AS, Mata LL, 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico［J］. *Diversity Distribution*, **11**: 567—575

Grytnes JA, Heegaard E, Ihlen PG, 2006. Species richness of vascular plants, bryophytes, and lichens along an altitudinal gradient in western Norway［J］. *Acta Oecologia*, **29**: 241—246

Guo CD（郭成达）, 1992. Characteristics and vertical distribution regul arities of soils in natural reserve area of Meihua Mountain in Fujian province［J］. *Acta Pedologica Sinica*（土壤学报）, **29**（4）: 427—436

Hao ZQ（郝占庆）, Yu DY（于德永）, Yang XM（杨晓明）*et al.*, 2002. α diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain［J］. *Chinese Journal of Applied Ecology*（应用生态学报）, **13**（7）: 785—789

Hamilton AG, Perrolt RA, 1981. A study of altitudinal zonation in the montane forest belt of Mt. Elgon, Kenya, Uganda［J］. *Vegetation*, **45**: 107—125

Hawkins BA, Field R, Cornell HV *et al.*, 2003. Energy, water and broad-scale geographic patterns of species richness［J］. *Ecology*, **84**: 3105—3117

He JS（贺金生）, Chen WL（陈伟烈）, 1997. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities［J］. *Acta Ecologica Sinica*（生态学报）, **17**: 91—99

Huang JH（黄建辉）, Chen LZ（陈灵芝）, 1994. Analysis of species diversity of the forest vegetation in Dongling Mountain, Beijing［J］. *Acta Botanica Sinica*（植物学报）, **36**（Supp.）: 178—186

Huang KY（黄康有）, Liao WB（廖文波）, Jin JH（金建华）*et al.*, 2007. Analysis of community characteristics and plant species diversity of Diaoluo Mountain, Hainan Island［J］. *Ecology and Environment*（生态环境）, **16**: 900—905

Jacquemyn H, Micheneau C, Roberts DL *et al.*, 2005. Elevational gradients of species diversity breeding system and floral traits of orchid species on Reunion Island［J］. *Journal of Biogeography*, **32**: 1751—1761

Jin ZX（金则新）, 1999. Studies on species diversity in *Castanopsis eyrei* community in the Tiantai Mountain of Zhejiang Province［J］. *Acta Botanica Yunnanica*（云南植物研究）, **21**（3）: 296—302

Kong XH（孔祥海）, Li ZJ（李振基）, 2011. The community characteristic of evergreen broad-leaved forest in Meihuashan National Nature Reserve of Fujian［J］. *Journal of Xiamen University*

(Natural Science)(厦门大学学报(自然科学版)), **50** (3): 645—650

Li JL (李军玲), Zhang JT (张金屯), 2006. Plant species diversity in the middle part of the Taihang Mountain [J]. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology* (应用与环境生物学报), **12**: 615—619

Li ZJ (李振基), Liu CD (刘初钿), Yang ZW (杨志伟) *et al*., 2000. Studies on the species diversity of the closed stable forest and the dieturbed forest of *Castanopsis eyrei* in Wuyishan National Nature Reserve [J]. *Acta Phytoecological Sinica* (植物生态学报), **24**: 64—68

Liu Y, Zhang YP, He DM *et al*., 2007. Climatic control of plant species richness along elevation gradients in the Longitudinal Range-Gorge Region [J]. *Chinese Science Bulletin*, **52** (Supp. II): 50—58

Liu SH (刘士华), Gao XF (高信芬), Tu WG (涂卫国) *et al*., 2008. α Diversity of communities and their changes along altitude gradient in the baishuihe national nature reserve on the Longmen Mountains, Sichuan [J]. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology* (应用与环境生物学报), **14**: 303—307

Lomolino MV, 2001. Elevation gradients of species density: Historical and prospective views [J]. *Global Ecology and Biogeography*, **10**: 3—13

Odland A, Birks HJB, 1999. The altitudinal gradient of vascular plant richness in Aurland, western Norway [J]. *Ecograpphy*, **22**: 548—566

Olson D, Dinerstein E, 1998. The Global 200: a representation approach to conserving the earth's most biological valuable ecoregions [J]. *Conservation Biology*, **12**: 502—515

Peng SJ (彭闪江), Huang ZL (黄忠良), Xu GL (徐国良) *et al*., 2003. Effects of habitat heterogeneity on forest community diversity in Dinghushan Biosphere Reserve [J]. *Guihaia* (广西植物), **23**: 391—398

Qiu XZ (丘喜昭), Lin P (林鹏), 1989. Evergreen broad-leaf forests in the Meihuashan Nature Reserve of Westhern Fujian [J]. *Journal of Xiamen University* (Natural Science)(厦门大学学报(自然科学版)), **28** (4): 406—409

Rahbek C, 2005. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns [J]. *Ecology Letters*, **8**: 224—239

Shen ZH (沈泽昊), Hu HF (胡会峰), Zhou Y (周宇) *et al*., 2004. Altitudinal patterns of plant species diversity on the southern slope of Mt. Shennongjia, Hubei, China [J]. *Biodiversity Science* (生物多样性), **12**: 99—107

Tang ZY (唐志尧), Fang JY (方精云), 2004. A review on the elevational patterns of plant species diversity [J]. *Biodiversity Science* (生物多样性), **12**: 20—28

Walter H, 1979. *Vegetation of the Earth* [M]. New York: Springer

Wang BS (王伯荪), Zhang WY (张炜银), Zhang JL (张军丽), 2001. Spatial pattern analysis of species diversity in tropical montane rainforest on Hainan Island [J]. *Joumal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **9**: 229—234

Wang GH (王国宏), 2002. Species diversity of plant communities along an altitudinal gradient in the middle section of northern slopes of Qilian Mountains, Zhangye, Gansu, China [J]. *Biodiversity Science* (生物多样性), **10** (1): 7—14

Whittaker RH, 1975. *Communities and Ecosystems* [M]. New York: Macmillan Publisher

Xu WH (徐卫华), Ouyang ZY (欧阳志云), Huang H (黄璜) *et al*., 2006. Priority analysis on conserving China s terrestrial ecosystems [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **26**: 271—280

Yu SX (余世孝), Zang RG (臧润国), Jiang YX (蒋有绪), 2001. Spatial analysis of species diversity in the tropical vegetations along the vertical belt at Bawangling Nature Reserve, Hainan Island [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**: 1438—1443

Yue M (岳明), Zhou HX (周虹霞), 1997. Diversity of higher plants in deciduous broadleaved forests on the northern slope of Taibai Mountain [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), **19** (2): 171—176

Yue M (岳明), Zhang LJ (张林静), Dang GD (党高弟) *et al*., 2002. The relationships of higher plants diversity and elevation gradient in Foping National Reserve [J]. *Acta Geologica Sinica* (地理科学), **22**: 349—354

Zhao SQ (赵淑清), Fang JY (方精云), Zong ZJ (宗占江) *et al*., 2004. Composition, structure and species diversity of plant communities along an attitudinal gradient on the northern slope of Mt. Changbai, Northeast China [J]. *Biodiversity Science* (生物多样性), **12**: 164—173

Zhao CM, Chen WL, Tian ZQ *et al*., 2005. Altitudinal pattern of plant in species diversity Shennongjia Mountains, Central China [J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, **47**: 1431—1449